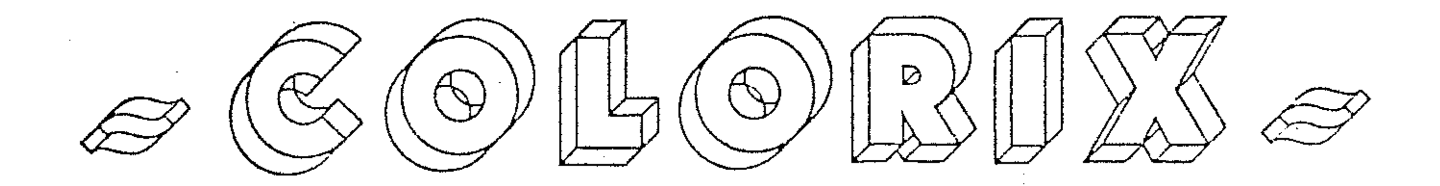
UNIVERSITE PARIS 8

UER INFORMATIQUE

MEMOIRE DE MAITRISE

Presente Par:

LOUIS AUDOIRE



PRESIDENT: J. DONIO

JURY: y. de villers

p. greussay

h. wertz

le 20 6 1976

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ici les artistes du Groupe Art et Informatique de Vincennes, dont les obsessions colorées ont suscité les origines de COLORIX : Michel BRET, Jacques et Fannie DUPRE, Jean-Claude HALGAND, Hervé HUITRIC et Monique NAHAS.

COLORIX est le fruit d'une collaboration : celle de Roger TANGUY pour le *dur*, celle de Jérôme CHAILLOUX et d'Yves DEVILLERS pour le *mou*, celle de Patrick GREUSSAY pour le *blé*.

Jacqueline BERTOUT a été, comme toujours, omniprésente et indispensable.

Jean DONIO, par ses réserves initiales sur la viabilité du projet, a contribué à galvaniser nos énergies.

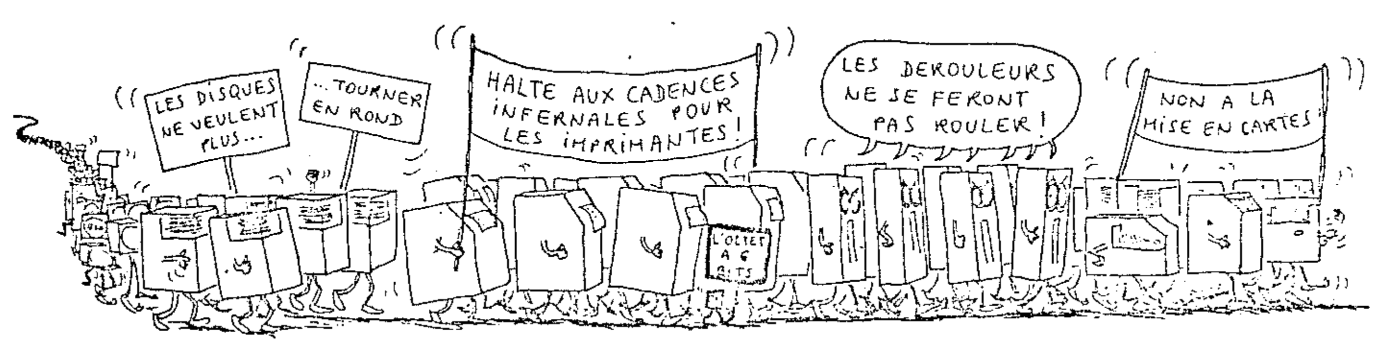


TABLE DES MATIERES

COLORIX 1

I - POURQUOI AVOIR CONCU COLORIX ? 2
A - Historique 2
B - Contraintes du projet 3

II - DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'APPAREIL REALISE 5
A - Description externe 5
B - Rappel sur le principe du balayage de télévision 6
C - Choix de la définition de COLORIX 10

III - SYSTEMES SYNCHRONES/SYSTEMES ASYNCHRONES . 13
A - Discussion des systemes synchrones 13
B - Principe de réalisation d'un système asynchrone 17

IV - PROBLEMES LIES A LA TELEVISION EN COULEUR . 21
A - Le téléviseur couleur et son principe . 21
B - Choix d'un type de téléviseur 22

V - REALISATION DES CONVERTISSEURS DIGITAUX/ANALOGIQUES 25
A - Caractéristiques nécessaires aux convertisseurs 25
B - Principe d'un convertisseur D/A 26
C - Choix des convertisseurs 30

VI - CONNEXION DE COLORIX ET DU TELEVISEUR 33
A - Synchronisation ligne et trame du téléviseur 33
B - Le dialogue entre l'ordinateur et COLORIX 34

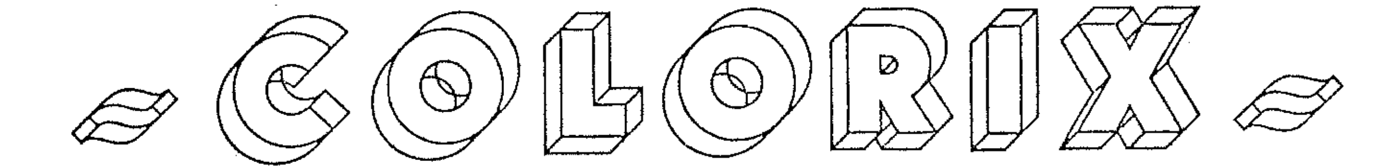
VII - EXTENSION POSSIBLE DE COLORIX 38

VIII - PROGRAMMATION DE COLORIX 40
A - INITV (IR,IV,IB) 40
B - XYRVB (IX,IY,IR,IV,IB) 41
C - XY (IX,IY) 42
D - RVB (IR,IV,IB) 42
E - XYCOLO (IX,IY,ICOUL) 43
F - IMPTV (ITAB) 43

CONCLUSION 44

BIBLIOGRAPHIE 45

ANNEXES 46



COLORIX : un périphérique de visualisation couleur pour informaticien.

Nous tenterons ici d'expliciter la démarche qui a conduit à la conception puis à la réalisation d'un synthétiseur d'images colorées connecté à un ordinateur, et d'en décrire les possibilités d'utilisation.

Nous essaierons en cet endroit d'être synthétique, compréhensible pour le non-initié, sans entrer dans des considérations techniques absconses. Nous renvoyons le lecteur curieux aux descriptions plus fines et aux plans qui constituent la notice technique de COLORIX.

I - POURQUOI AVOIR CONCU COLORIX ?

A - HISTORIQUE

Le Département d'Informatique de l'Université de Paris 8 (Vincennes) n'était, à sa création, qu'un département de sensibilisation à la technique informatique : ce qui a eu l'avantage d'attirer toute une population d'étudiants que l'informatique conventionnelle rebutait ; essentiellement des étudiants en arts plastiques recherchant de nouvelles techniques de création, des musiciens attirés par les méthodes d'analyse offertes par l'informatique, mais aussi des informaticiens désireux d'utiliser les ordinateurs hors les chemins connus de la gestion et du calcul scientifique.

Les étudiants plutôt orientés sur la composition proprement picturale utilisèrent tout d'abord avec acharnement les périphériques standard, en les détournant quelque peu de leur utilisation habituelle, voire en mettant en jeu des modifications ad hoc de ces périphériques :

- tables traçantes ;
- imprimante et télétype servant à imprimer des codes de points colorés ;
- perforateur de cartes utilisées pour la confection automatique de pochoirs ;
- télétype dont les caractères sont remplacés par des tampons encreurs ;
- perforateur de ruban agissant sur de la pellicule de cinéma.

Ces périphériques restèrent néanmoins mal adaptés à de telles utilisations, ce qui nous a amené à définir un périphérique spécialisé pour des applications artistiques.

B - CONTRAINTES DU PROJET

Le projet se devait donc de répondre à un certain nombre de désidérata tenant tout d'abord aux artistes eux-mêmes, mais aussi aux possibilités locales.

Que souhaitaient les artistes plasticiens ? Avant tout un système qui permette de traiter dans des conditions pas trop acrobatiques de l'information colorée. La recherche théorique en *Computer Art* au sein du *Groupe Art & Informatique de Vincennes* est en effet focalisée sur les problèmes de perception colorée. Encore fallait-il

disposer d'un nombre suffisament grand de couleurs pour obtenir un résultat satisfaisant ; l'impression colorée étant la résultante optique d'un mélange de couleurs, il convenait de surcroît, pour obtenir un *fondu* de bonne qualité, que les *grains* élémentaires de couleur soient suffisament petits, que d'autre part on puisse transformer une image dans un temps pas trop supérieur à la rémanence visuelle des images.

Du point de vue de l'accès au système, force était d'assister sur la nécessité absolue d'une programmation ne nécessitant pas de préparation proprement informatique approfondie. Autant que possible on devait obtenir une utilisation en temps réel, de préférence interactive.

Du point de vue technologique, il était impératif que COLORIX soit connectable de façon aisée et rapide sur n'importe quel ordinateur ou mini-ordinateur : les exemples sont trop fréquents en effet de périphériques devenant inutilisables du fait de la non disponibilité d'unités centrales affectées à des tâches prioritaires (l'enseignement, dans le contexte universitaire) ou simplement en panne prolongée. Cette question de la portabilité du système est bien entendu encore avivée par les contraintes artistiques : nécessité d'avoir à transporter le système parfois fort loin pour une manifestation publique, et à connecter rapidement le système à l'ordinateur existant.

Enfin, fondamental pour le projet, était le critère économique, nos moyens de ce côté étant pour le moins limités.

II - DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'APPAREIL REALISE (1)

A - DESCRIPTION EXTERNE

COLORIX se présente extérieurement ainsi :

- téléviseur couleur connecté à un coffret renfermant l'électronique, lui-même relié par câbles à l'ordinateur, sur l'écran on peut faire apparaître une image couleur composée par programme ;

(1) En réalité une première version a été réalisée en 1973, version qui utilisait un tambour magnétique comme mémoire ; ceci entraînait plusieurs inconvénients :

a) non portabilité (le tambour était celui d'un CAB 500 ; poids : 100 kg) ;

b) prix éventuellement prohibitif, au delà du prototype qui utisait un tambour de récupération ;

c) signaux non compatibles avec ceux de la télévision domestique ;

d) faible possibilité d'animation en temps réel, liée à la latence de l'accès au tambour.

- l'écran peut être considéré comme la visualisation d'une matrice comportant lignes et colonnes, définissant ainsi un quadrillage ;

- chaque petit carré est susceptible, par programme, de recevoir la couleur désirée, choisie dans une gamme très étendue (4096 teintes possibles) ;

- par la suite nous désignerons par *P.C.* le petit carré, ou *point colorix*.

B - RAPPEL SUR LE PRINCIPE DU BALAYAGE DE TELEVISION

Une image de télévision est constituée par le déplacement d'un faisceau très fin d'électrons venant impressionner une couche sensible formant ainsi un *spot*. Ce faisceau se déplace de haut en bas, et, ligne par ligne, de gauche à droite (phase visible). Le retour à la ligne du faisceau éteint, de droite à gauche, s'opère très rapidement. Quand le spot est en bas de l'écran, il remonte en position haute : ce *retour trame* a une durée égale à celle du balayage de 25 lignes. (voir figure 1)

BALAYAGE TV

Lignes visibles
durée 52 µS

retour ligne spot éteint 12 µS

- figure 1 -

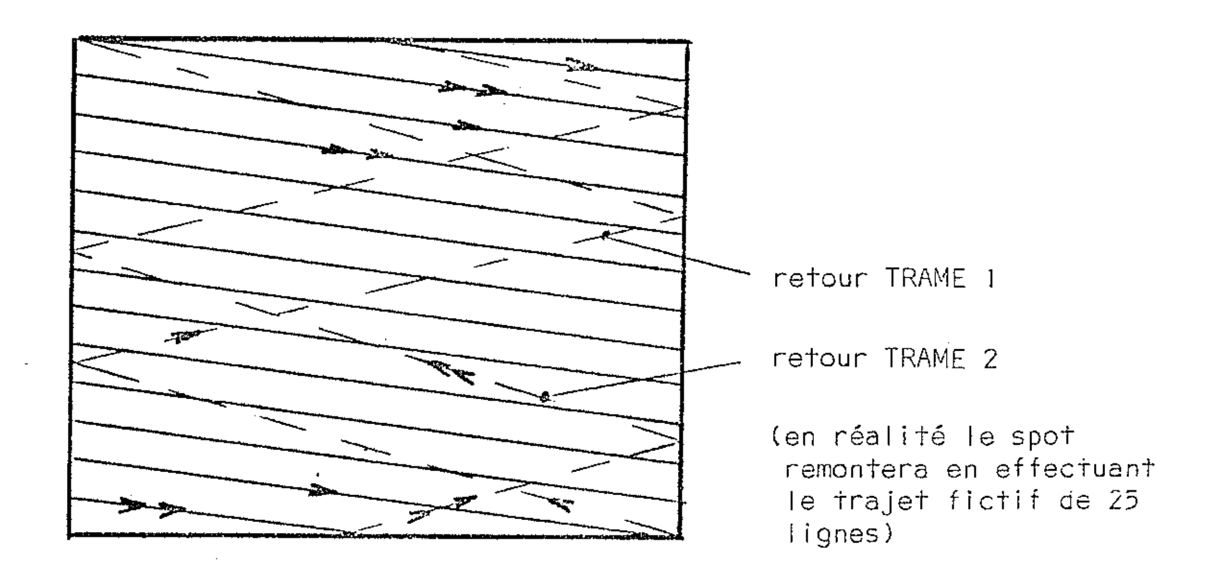
BALAYAGE TV ENTRELACE

trajet du balayage visible

trame impaire

trame paire

image complète (TRAME 1 + TRAME 2)



- figure 2 -

En fait, pour constituer une image, on balaiera deux fois l'écran de façon décalée : une image TV est donc faite de deux demi-images entrelacées appelées TRAME 1 (impaire) et TRAME 2 (paire). (voir figure 2, page suivante)

L'image complète est formée, on le voit, par la succession des trames 1 et 2.

Opérations successives nécessaires à la formation d'une image complète sur 625 lignes (c'est-à-dire 625 fois le temps nécessiare au balayage d'une ligne, égal à 64 µS):

Image complète 625 lignes	1ère demi-image	retour TRAME 1 durée : 25 lig.	PARTIE NON VISIBLE
		balayage TRAME 1 : 287,5 lig.	PARTIE VISIBLE
	2ème demi-image	retour TRAME 2 durée : 25 lig.	PARTIE NON VISIBLE
		balayage TRAME 2 : 287,5 lig.	PARTIE VISIBLE

— Figure 3 —

Donc, pour une image complète (TRAMES 1 et 2),nous aurons 50 lignes sur 625 qui ne seront pas utilisées pour une information visuelle. Dans ces conditions nous ne pouvons voir sur l'écran que 575 lignes par image, soit deux fois 287,5 lignes.

C - CHOIX DE LA DEFINITION DE COLORIX

Le nombre de P.C. dans la réalisation actuelle a été limité à 4047 (environ 4 K mémoire), soit une matrice de 57 lignes x 71 colonnes. Pour chaque P.C. l'information-couleur tient sur 12 positions binaires, soient 4096 combinaisons possibles. Tentons d'expliquer ces choix.

Les critères de base, dans l'ordre d'importance, sont les suivants :

- obligation d'utiliser les normes standard 625 lignes décrites précédemment ;
- utiliser au maximum les 575 lignes visibles par image ;
- utiliser au mieux les 4 K mots dont on dispose dans la mémoire propre de COLORIX ;
- obtenir des P.C. élémentaires aussi carrés que possible (L/H = 1)

La consultation du tableau ci-après (figure 4), calculé pour orienter notre choix, rend clair que le second critère est au mieux respecté (seules 2 lignes TV ne sont pas utilisées) pour 57 lignes et 71 colonnes (soient 5 lignes TV identiques = 1 ligne de P.C.). Le rapport L/H du P.C. élémentaire y est satisfaisant (L/H = 1,07). Par contre, sur 4096 mots mémoire, 49 ne seront pas utilisés.
De surcroît, 57 et 71 offrent l'avantage, du fait de leur imparité, de permettre l'obtention d'un carré central (le 2024ème).

Si l'on avait privilégié le troisième critère, on aurait pu choisir aussi 56 lignes × 73 colonnes. Dans ce cas 7 lignes TV n'auraient pas été utilisées sur 287,5, et 8 mots mémoire ne seraient pas utilisés.

NOMBRE DE LIGNES ET COLONNES DE P.C. POUR UNE MEMOIRE DE 4096

nb. de lignes de P.C X_1	nb. de lignes TV par P.C. *(1)*	nb. de colonnes de P.C. *(2)*	nb. de lignes TV utilisées X_{TV}	nb. de lignes TV non utilisées *(3)*	nb. de mémoires non utilisées R_m	format du P.C. L/H *(4)*
58	4	70	232	55	36	1,10
57	5	71	285	2	49	1,07
56	5	73	280	7	8	1,02
55	5	74	275	12	26	0,98
54	5	75	270	17	46	0,96
53	5	77	265	22	15	0,92
52	5	78	260	27	40	0,89
51	5	80	255	32	16	0,85

- Figure 4 -

(1) plus grand X *possible pour obtenir* $X_{TV} \leq 287$

(2) plus grand diviseur de $4096/X_1$*, le reste donne* R_m

(3) $287 - X_{TV}$ *(rappel : 287 représente le nombre de lignes <u>visibles</u> dans une 1/2 image)*

(4) le format TV étant de 4/3

$$\frac{L}{H} = \frac{4 \times \text{nb. de lignes P.C.}}{3 \times \text{nb. de colonnes P.C.}}$$

III - SYSTEMES SYNCHRONES / SYSTEMES ASYNCHRONES

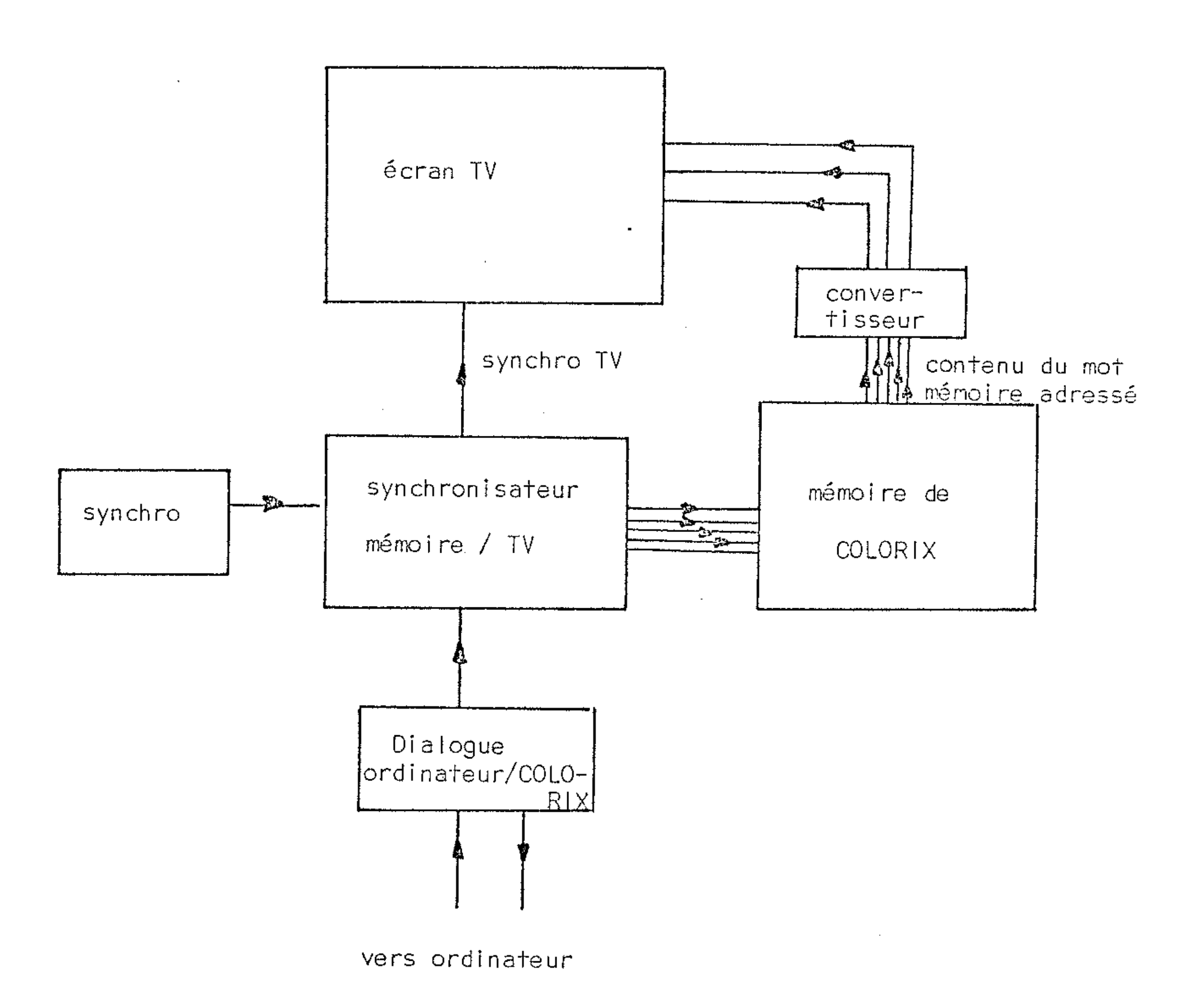
L'interconnexion d'un ordinateur, d'une mémoire et d'un écran ont suscité à ce jour plus d'une solution technique. Il nous est apparu qu'elles n'étaient guère adéquates au but que nous nous étions fixés, ce qui nous a amené à reprendre la question à la base. Ceci explique que nous allons décrire ci-dessous des solutions préconisées, puis abandonnées, au cours de notre recherche, éclairant ainsi le pourquoi des solutions retenues dans COLORIX.

A - DISCUSSION DES SYSTEMES SYNCHRONES

Le contenu de l'image devant apparaître sur l'écran est stocké dans une mémoire de 4 K mots de 16 bits (2 plaques mémoire du micro-ordinateur INTELLEC 8, référence : Imm 6-28) de cycle 1 µS (c'est-à-dire qu'il faut 1 µS pour lire, ou écrire, une information dans la mémoire).

La solution semble, à première vue, simple : il suffirait de lire le contenu de la mémoire en synchronisme avec le balayage de l'écran. (voir figure 5)

- SYSTEME SYNCHRONE -



- Figure 5 -

Le cycle mémoire est de 1 µS, une ligne TV standard-625 lignes dure

52 µS + 12 µS (de retour ligne) = 64 µS

Il faudrait donc, en 52 µS, lire 71 (définition choisie) positions mémoire; or, nous ne disposons pas d'un cycle de lecture égal à

$$\frac{52}{71} = 0{,}732\ \mu S\ ,$$

notre mémoire est donc beaucoup trop lente pour effectuer ce travail.

Si nous utilisions une mémoire à cycle de 700 ns, il serait possible d'utiliser ce principe, mais un autre inconvénient apparaîtrait : le manque de disponibilité de la mémoire vis-à-vis de l'ordinateur.

Dans un système synchrone les seuls temps libres pour accéder à la mémoire (la TV ayant une priorité absolue : son balayage est un paramètre incompressible) sont :

- le temps des 50 lignes non visibles du retour trame, soit

$$50 \times (52 + 12) = 3200\ \mu S\ ;$$

- les 12 µS du retour ligne qui se fait spot éteint à la fin de chaque ligne soit

$$12 \times (625 - 50) = 6900\ \mu S\ ;$$

au total donc un temps libre d'accès, dans le sens ordinateur → mémoire de COLORIX de

$$3200 + 6900 = 10100\ \mu S \quad (1)$$

par image complète. Comme une image dure 40000 µS (625 × 64 µS) notre *pourcentage de liberté* serait dans ce cas de

$$\frac{10100}{40000} \times 100 = 25\ \%$$

En d'autres termes, un quart seulement du temps que dure une image peut être utilisé pour le dialogue de COLORIX avec l'ordinateur, dans un système entièrement synchrone.

Si l'on suppose que l'ordinateur peut fournir un débit de 100000 nouveaux P.C. par seconde, soit 1 P.C. par 10 µS, on pourra donc changer pendant le temps de balayage d'une image TV complète

$$\frac{10100}{10} = 1010 \text{ P.C. par image TV de 4047 P.C.} \quad :$$

une nouvelle image apparaîtra donc,au mieux, toutes les 4 images TV (soit une image toutes les 4 × 40 ms = 160 ms

soit une cadence d'environ 6 images par seconde).

Ceci réduit très fortement la notion de temps réel que l'on s'était donnée comme objectif (ce qui empêche l'animation en direct).

(1) *Si nous étions dans un contexte de transmission TV par ondes hertziennes, ces 10 ms seraient susceptibles d'être utilisées pour la transmission d'informations non-vidéo.*

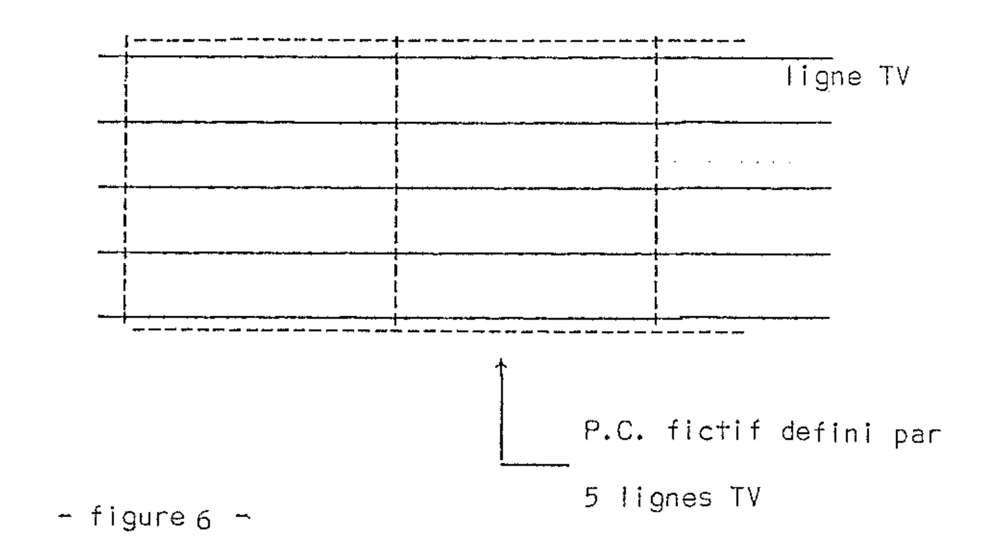
Nous allons voir comment ont été tournées ces 2 difficultés

(- cycle mémoire trop grand et

- temps libre d'accès à l'ordinateur trop faible).

B - PRINCIPE DE REALISATION D'UN SYSTEME ASYNCHRONE

Il faut se rappeler qu'à une ligne formée de 71 P.C. correspond, en réalité sur l'écran, à un balayage de 5 lignes TV *identiques*.



- figure 6 -

Nous allons mettre à profit le fait que l'on répète 5 fois la même information pour gagner du temps d'accès mémoire, et ceci en utilisant 2 *registres tampon rapide* représentant chacun une ligne de P.C.

Le processus devient le suivant : la représentation mémoire d'une ligne de points est chargée dans un registre rapide, et ce à la vitesse maximum de lecture mémoire, soit 1 µS par P.C.; la mémoire est donc occupée pendant 71 µS.

Pendant ce temps le second registre rapide se vidait sur l'écran à la vitesse de balayage du spot, et ce durant le temps correspondant à 5 lignes, soit

$$64 \times 5 = 320 \; \mu S.$$

La différence 320 - 71 = 249 µS représente le temps durant lequel la mémoire est libre d'accès pour l'ordinateur, et ce pour une ligne de P.C..

A chaque ligne de P.C. (5 lignes TV) apparaissant sur l'écran, la mémoire est occupée pendant 71 µS, soit pour une image complète (2 trames)

$$(71 \times 57) \times 2 = 8094 \; \mu S,$$

sur 40000 S que dure une image.

Il reste donc

$$40000 - 8094 = 31906 \; \mu S$$

libres par image pour l'ordinateur, soit un pourcentage de liberté de

$$\frac{31906}{40000} \times 100 = 80 \; \% \; ,$$

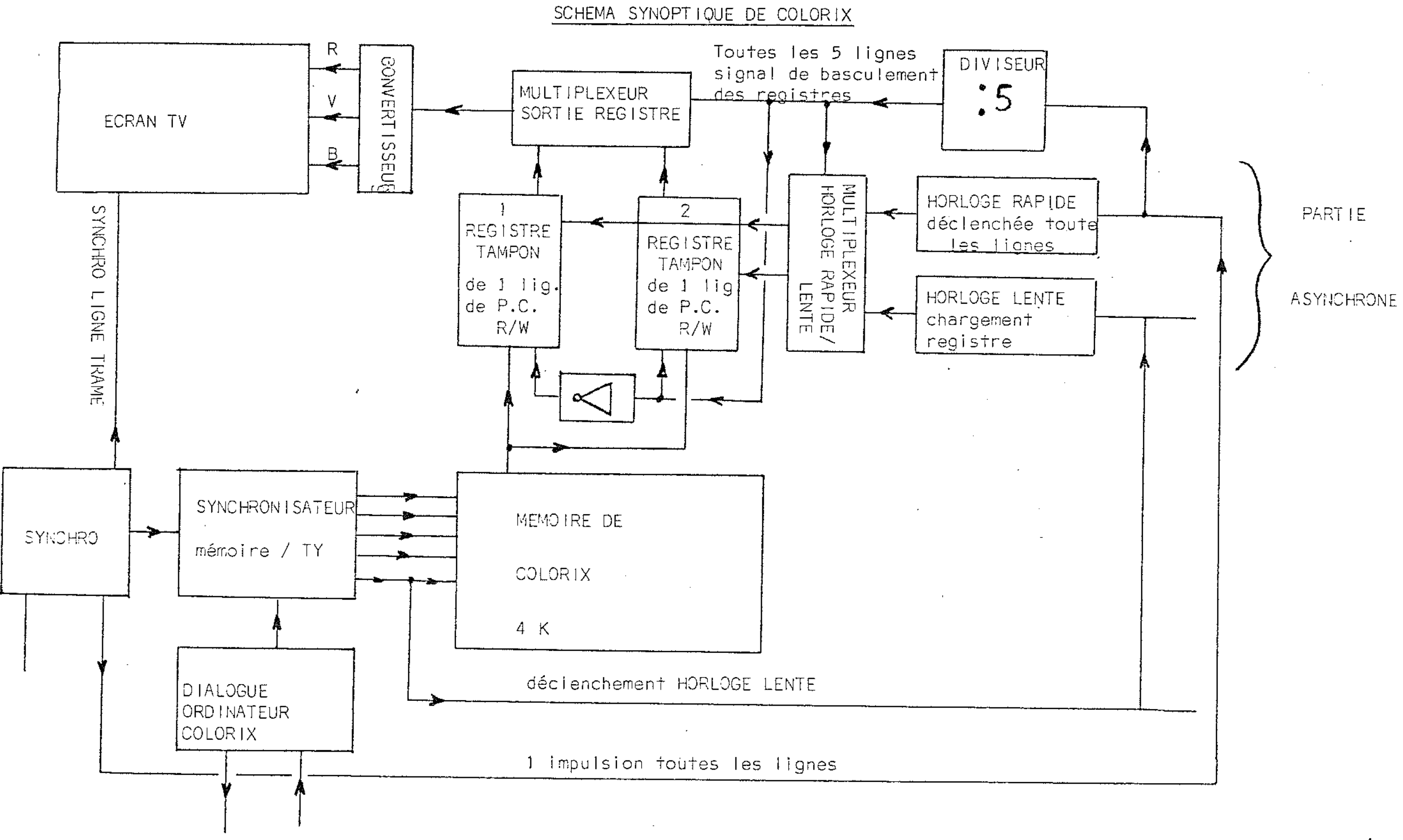
résultat bien supérieur aux 25 % précédents.

Si nous nous plaçons dans les conditions du précédent système (débit d'information ordinateur de 100000 P.C./S), pour une image TV, nous aurons le temps de modifier :

$$\frac{31906}{10} = 3190 \text{ P.C.}$$

résultat bien supérieur aux 1010 P.C. précédents.

Nous pouvons donc renouveller complètement le contenu de la mémoire en environ 50 mS, une possibilité d'animation à 20 images par seconde nous est donc ainsi offerte. Par ce système nous accédons à l'animation d'images en temps réel.


SCHEMA SYNOPTIQUE DE COLORIX
ECRAN TV
R
V
B
CONVERTISSEUR
MULTIPLEXEUR SORTIE REGISTRE
Toutes les 5 lignes signal de basculement des registres
DIVISEUR :5
1 REGISTRE TAMPON de 1 lig. de P.C. R/W
2 REGISTRE TAMPON de 1 lig de P.C. R/W
MULTIPLEXEUR HORLOGE RAPIDE/ LENTE
HORLOGE RAPIDE déclenchée toute les lignes
HORLOGE LENTE chargement registre
PARTIE ASYNCHRONE
SYNCHRO LIGNE TRAME
SYNCHRO
SYNCHRONISATEUR mémoire / TY
MEMOIRE DE COLORIX 4 K
déclenchement HORLOGE LENTE
DIALOGUE ORDINATEUR COLORIX
1 impulsion toutes les lignes

IV - PROBLEMES LIES A LA TELEVISION EN COULEUR

A - LE TELEVISEUR COULEUR ET SON PRINCIPE

Il nous faut rappeler que la télévision couleur est fondée sur la synthèse additive trichrome. Toutes les couleurs peuvent, en effet, être reproduites par la combinaison de trois couleurs primaires : Rouge, Vert et Bleu (R. V. B.).

A faible distance l'oeil peut séparer des éléments de couleur différente même rapprochés, alors qu'à distance normale d'observation d'un écran de télévision en couleurs la sensation obtenue résulte, en fait, de la combinaison de plusieurs éléments de couleur voisins et non d'un seul.

Ces propriétés permettent l'utilisation des écrans composés de luminophores respectivement Rouges, Verts et Bleus déposés en lignes fines.

Le balayage, en TV couleur, est fait par 3 faisceaux très rapprochés : chacun d'entre eux étant spécifique d'un type de luminophore. A l'intensité de chacun de ces faisceaux correspond une "excitation" plus ou moins grande du type de luminophore correspondant. Il est clair que l'on aboutit ainsi à la reproduction possible de toute image colorée.

Dans un tel système additif *(1)*, l'impression visuelle de "BLANC" sera donc obtenue par l'excitation maximum des 3 types de luminophores R, V, B. ; le "NOIR" est l'absence totale d'excitation. Entre ces deux extrêmes on pourra passer, par combinaisons, par toutes les teintes.

B - CHOIX D'UN TYPE DE TELEVISEUR

Pour respecter un prix de revient compatible avec notre budget, nous avons utilisé un récepteur de télévision "grand public" : notre choix s'est porté sur un modèle "tout transistor" de bonne qualité d'image, avec tube auto-convergent (moins de réglages) et notices techniques facilement accessibles. Ce téléviseur *(2)* est un "Sony" de 44 cm, de type KD 1810 DF.

(1) On sait en effet que les peintres travaillent en synthèse soustractive ; leurs primaires étant Magenta, Cyan, Jaune.

Chaque nouvelle couleur déposée se soustrait à la précédente : le "BLANC" étant dans un tal système l'absence de dépôt de couleur (couleur de la feuille ou de la toile) ; le "NOIR" est obtenu théoriquement par un dépôt en quantité égale sur le support des 3 primaires.

(2) Les premiers essais furent effectués sur un vieux récepteur TV à lampes, mais ce type d'expérience s'est révélé peu satisfaisant l'interface étant plus compliqué.

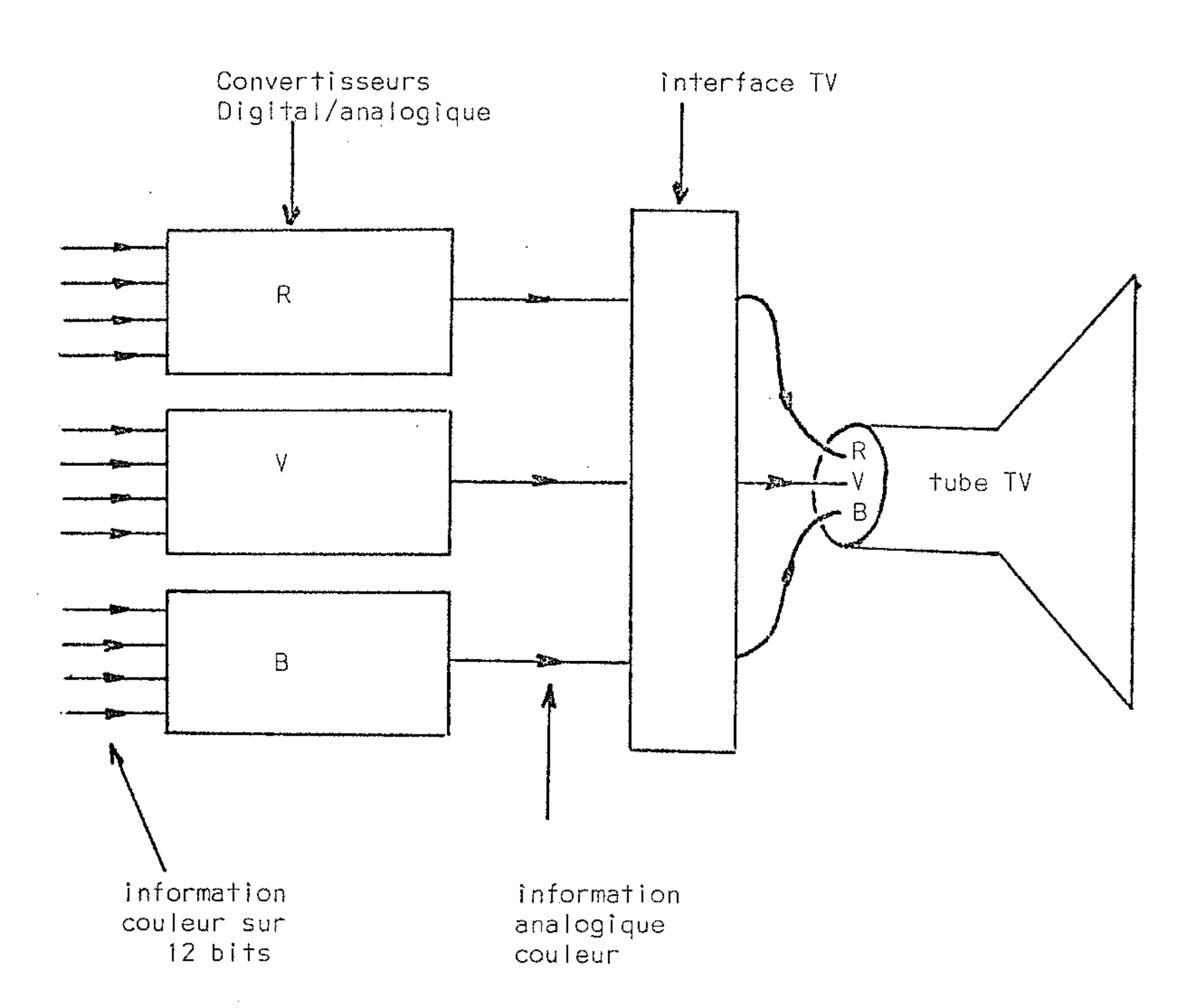
On a vu plus haut que l'on dispose de 16 positions par mot mémoire ; 12 seront utilisées pour coder une couleur. On peut donc faire cette décomposition simple :

4 bits pour le Rouge soit 16 niveaux d'intensité

4 bits pour le Vert soit 16 niveaux d'intensité

4 bits pour le Bleu soit 16 niveaux d'intensité.

Mais les 3 canons (RVB) du téléviseur ne sont pas conçus pour recevoir du binaire : il leur faut un signal analogique ; il convient donc d'interposer un convertisseur digital analogique par voie (figure 7).

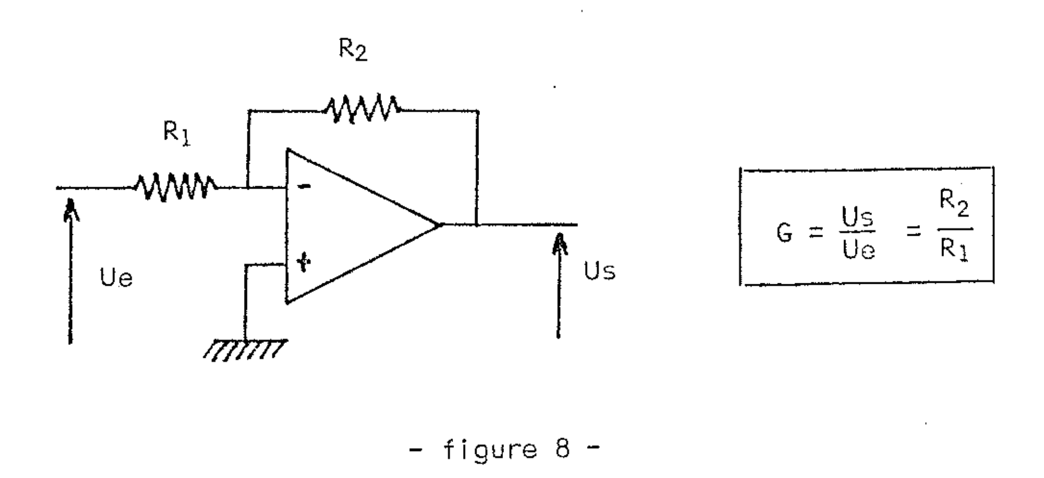

Convertisseurs
Digital/analogique
interface TV
R
V
B
R
V
B
tube TV
information
couleur sur
12 bits
information
analogique
couleur

- figure 7 -

B - PRINCIPE D'UN CONVERTISSEUR D/A

Pour le lecteur non électronicien (ne connaissant que la loi d'Ohm), nous allons donner ici une démonstration de fonctionnement d'un tel convertisseur.

L'équation du gain d'un amplificateur (figure 8) au signe près, s'écrit ainsi :



- figure 8 -

Ce gain est donc seulement proportionnel au rapport des deux résistances R_2/R_1.

Si maintenant la tension d'entrée Ue devient une tension fixe que l'on appelera Uref (tension de référence) et si R_2 est aussi une valeur fixe R on pourra encore faire varier le gain G et par conséquent la

V - REALISATION DES CONVERTISSEURS DIGITAUX/ANALOGIQUES

Il n'existe pas, à notre connaissance, de convertisseur Digital/ Analogique (D/A) de 4 bits dans le commerce (nous n'en trouvons qu'à partir de 8 bits). Nous avons donc été amené à réaliser les trois convertisseurs nécessaires.

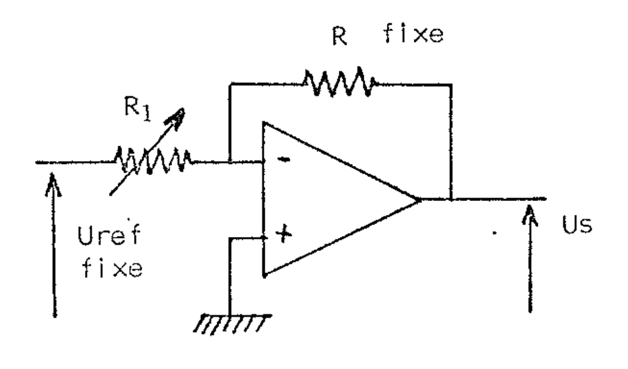
A - CARACTERISTIQUES NECESSAIRES AUX CONVERTISSEURS

Un temps de conversion aussi faible que possible se révéla le problème le plus important concernant les convertisseurs. En effet il faut se rappeler que le spot parcourt un P.C. en 732 ns. Si l'on accepte de perdre 1/10ème de ce temps pour effectuer la conversion D/A, on devra confectionner un convertisseur de temps de conversion $\leq$ 73 nS.

La précision de la conversion, elle, sera de toute façon suffisante dans le cas choisi de 16 niveaux.

Le prix de revient reste aussi, ne l'oublions pas, une préoccupation fondamentale.

la tension de sortie Us en faisant varier R_1 (figure 9)



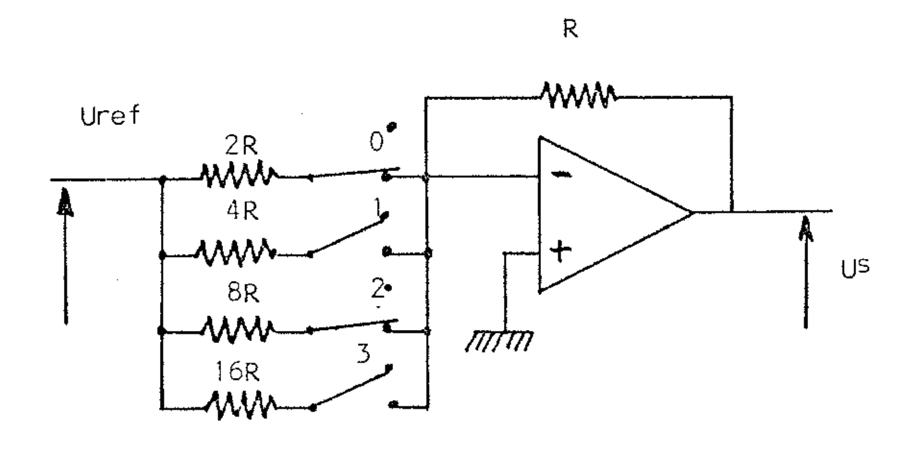
$$G = \frac{Us}{Uref} = \frac{R}{R_1}$$

et l'on a donc

$$U_s = U_{ref} \times \frac{R}{R_1}$$

- figure 9 -

Il suffirait donc de faire varier R_1 en fonction de la valeur binaire à convertir pour obtenir un signal analogique correspondant à cette valeur binaire (voir figure 10)



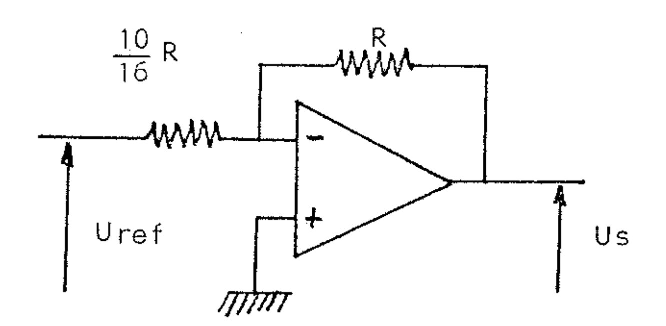
- figure 10 -

Dans ce nouveau schéma figurent 4 interrupteurs. Chacun d'eux peut être en *position ouverte* ou en *position fermée*. Dans le cas illustré ici, 0 et 2 sont fermés, 1 et 3 sont ouverts. Etant donné que les 2 résistances 2R et 8R sont connectées en parallèle (action des interrupteurs 0 et 2), on peut dire que l'on obtient une résistance Req, équivalent à

$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R}$$

soit

$$\boxed{Req = \frac{16}{10}}$$



Pour cet exemple nous avons

$$\boxed{Us = Uref \times \frac{10}{16}}$$

- figure 11 -

En fait, l'ouverture ou la fermeture des interrupteurs n'est pour nous que le contenu du *mot binaire* (ici 4 bits) à convertir (la présence d'un 1 dans ce mot correspond à un interrupteur FERME, la présence de 0 à un interrupteur OUVERT),

l'interrupteur 0 correspondant au bit de poids fort,

l'interrupteur 3 correspondant au bit de poids faible.

Dans cet exemple nous avions à convertir un mot binaire de 4 bits (soient 16 niveaux possibles) représentant la valeur binaire 1010, soit 10 en $base_{10}$: résultat que nous obtenons grâce à notre montage, puisque

$$Us = \frac{10}{16} \times Uref$$

Pour le cas où

$$Uref = 1 \text{ volt}$$

nous avons

$$Us = \frac{10}{16} \text{ volt.}$$

Si le mot binaire à convertir passait de 0 0 0 0 à 1 1 1 1 (soit de 0 à 15 en $base_{10}$) ; Us varirait de

$$Us = 0 \text{ volt}$$

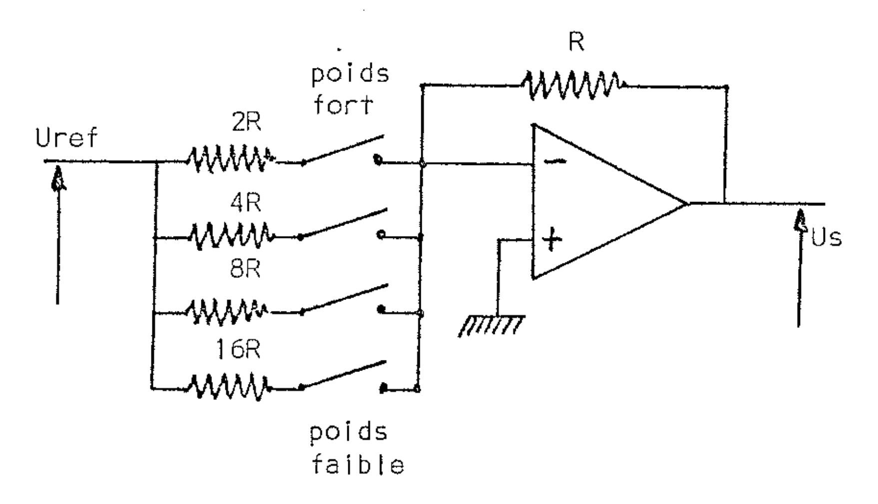
à

$Us = \frac{15}{16}$ volt par incrément minimum de $\frac{1}{16}$ de volt (ce que nous appelons *résolution minimum* du convertisseur).

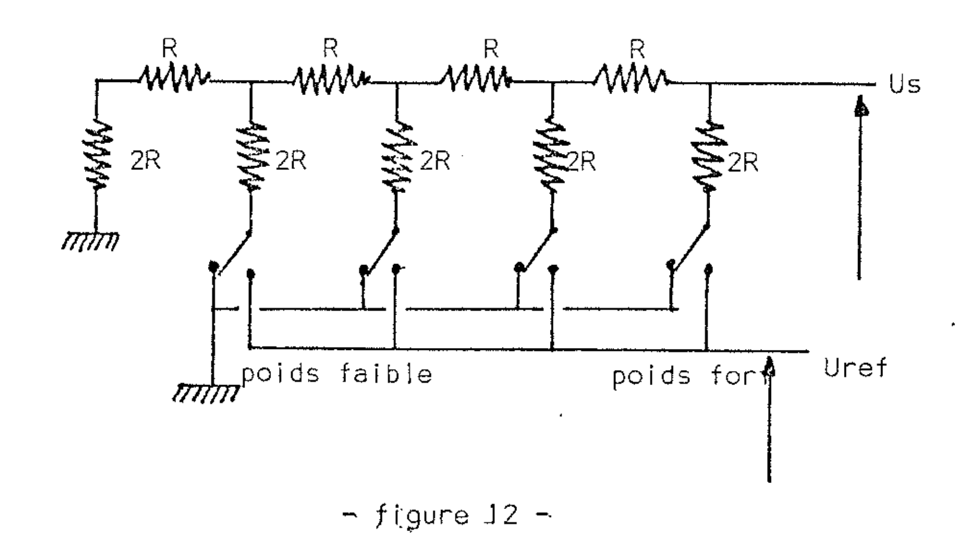
C - CHOIX DES CONVERTISSEURS

Plusieurs types de convertisseurs ont été réalisés suivant 2 principes : convertisseurs à diviseur résistif et convertisseurs à échelle, dont les shémas de principe sont les suivants (figure 12)

1) Diviseur à résistance



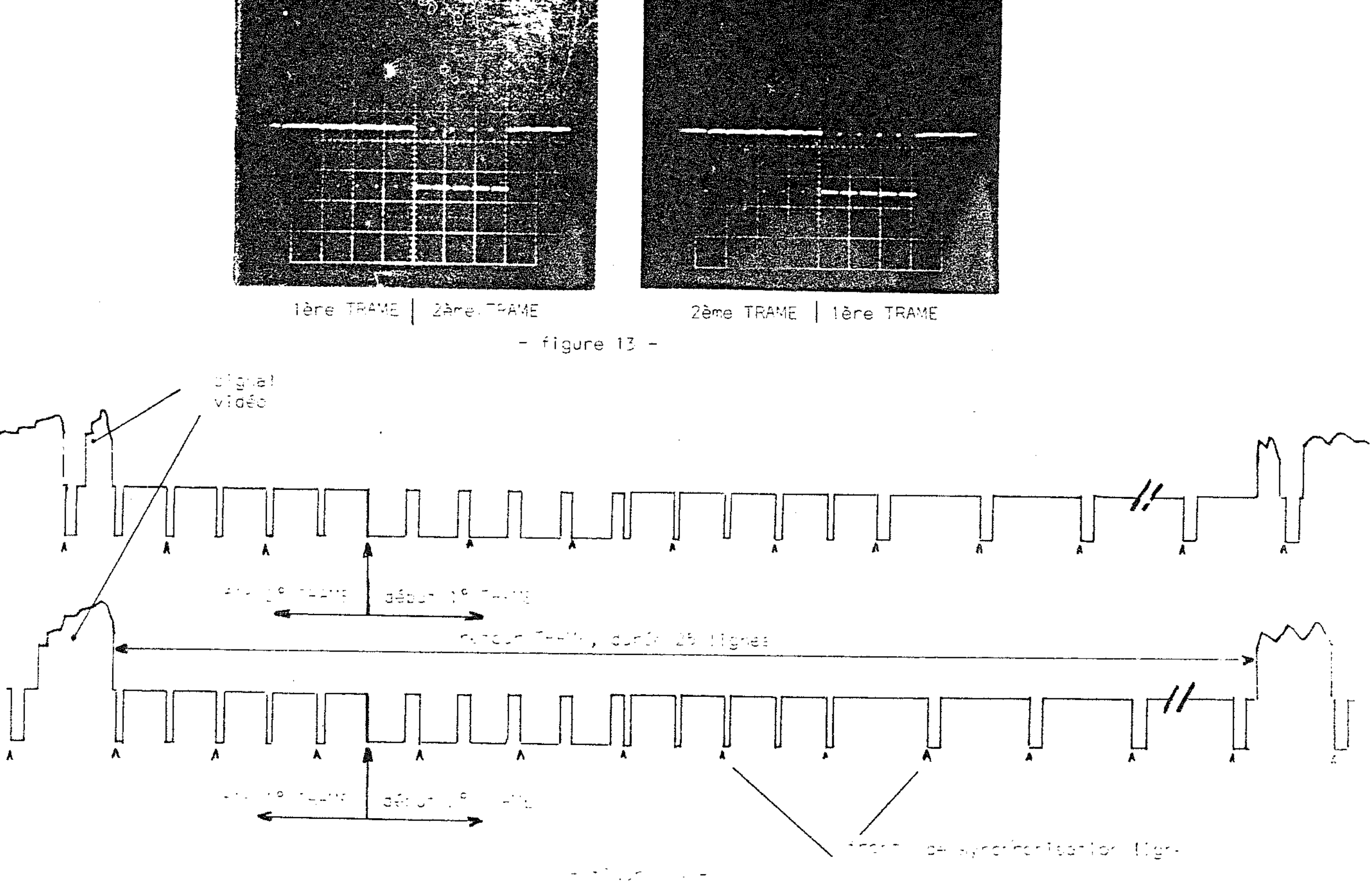
2) Diviseur à échelle



- figure 12 -

Les essais avec le convertisseur de type 1 ont donné des résultats médiocres (temps de conversion 130 nS) pour un prix relativement élevé (du fait de l'utilisation d'un amplificateur rapide coûtant environ 150 Frs).

Par contre le diviseur à échelle adopté donne une conversion en 52 nS, sa mise en oeuvre est très simple et son prix est de l'ordre de 7 Frs (1975).


1ère TRAME | 2ème TRAME
2ème TRAME | 1ère TRAME
signal
vidéo
début
début
lignes

- figure 13 -

VI - CONNEXION DE COLORIX ET DU TELEVISEUR

Toute la partie réception vidéo HF du téléviseur ayant été au préalable déconnectée, on ne conserve au niveau du tube que les circuits de balayage et les trois amplis R V B.

Nos signaux R V B vidéo sortant des convertisseurs n'étant pas dans la gamme de tension nécessaire aux amplis R V B du téléviseur, il y a donc derrière chaque convertisseur un adaptateur de niveau (un transistor).

A - SYNCHRONISATION LIGNE ET TRAME DU TELEVISEUR

Un signal de synchronisation est envoyé à l'entrée du circuit de balayage du téléviseur par COLORIX ; en effet il est nécessaire,quel que soit le système, d'obtenir une régularité au niveau du balayage. Cette fonction est réalisée par un oscillateur de synchronisation inclus dans COLORIX, qui fournit à la télévision différents tops correspondants au début de chaque ligne et au début de chaque trame.

La forme (figure 13) et la décomposition (figure.14) dans le temps de ces tops de synchro reçus par le téléviseur étant assez compliqués, nous n'en détaillerons pas ici les caractéristiques. Qu'il nous suffise de

dire qu'à l'aide de circuits intégrateurs et différenciateurs, le téléviseur extrait du signal global de synchronisation

- les tops de synchro. ligne
- les tops de synchro. trame (1/2 image).

COLORIX utilise, pour son propre compte ces tops de synchro. ligne :

- pour déclencher, à chaque nouvelle ligne, un oscillateur asynchrone rapide vidant le contenu d'un des deux registres sur l'écran du TV via les convertisseurs et l'interface ;
- pour basculer toutes les 5 lignes (grâce à un multiplexeur de deux voies vers une) du registre 1 au registre 2 (l'un se remplissant avec le contenu d'une ligne de P.C. dans la mémoire de COLORIX, tandis que l'autre, devenant registre rapide *(1)*, se vide pendant 5 lignes pendant 5 lignes consécutives du téléviseur).

B - LE DIALOGUE ENTRE L'ORDINATEUR ET COLORIX

Dans la configuration matérielle actuelle de Vincennes nous disposons au Département d'Informatique :

(1) Les 2 registres rapides sont en fait réalisés avec des mémoires RAM de 4x16 bits et ont une capacité maximum de 80 mots de 12 bits (ici seulement 71 mots sont utilisés).

- d'un ordinateur T1600 de la Télémécanique Electrique de taille mémoire de 16 K mots de 16 bits ;
- des périphériques suivants : unité de disques (10 M octets), lecteur de cartes, imprimante 600 lignes ;
- d'une interface universelle comportant 2 mots de 16 bits en entrée et de 2 mots de 16 bits en sortie avec 2 bits de dialogue (un pour l'entrée, un pour la sortie). C'est l'un de ces mots de sortie que nous utilisons pour envoyer des informations à COLORIX.

Avec cette interface le dialogue ORDINATEUR-COLORIX est très simple.

Quand l'ordinateur est prêt à envoyer une information à COLORIX, il positionne son bit de sortie à 1 ; COLORIX, s'il est prêt (mémoire libre d'accès), accepte l'information et répond sur le bit d'entrée, ce qui a pour effet de remettre à 0 le bit de sortie ; l'ordinateur peut alors présenter une nouvelle information suivant le même processus.

Deux types d'information sont reçus par COLORIX :

- adresse ;
- couleur.

En effet, avant de remettre une couleur dans un P.C. il faut d'abord communiquer à COLORIX en quel point de l'écran on veut accéder. Chaque

P.C., on l'a vu, est adressé de 0 à 4046, le P.C. 0 étant en haut et à gauche de l'écran et le P.C. 4046 en bas et à droite de l'écran.

Les informations reçues par COLORIX sont de deux types : information-adresse et information-couleur.

L'information adresse, caractérisée par la valeur égale à 1 du bit 0 , occupe les 12 bits de poids faible du mot.

L'information-couleur, caractérisée par la valeur égale à 0 du bit 0 , occupe aussi les 12 bits de poids faible du mot, mais en trois zones de 4 bits chacunes (figure 15)

Information adresse

0		4 … 14 15
1	NON UTILISES	ADRESSE SUR 12 BITS

information couleur

0		4 5 6 7	8 9 10 11	12	13 14 15
0	NON UTILISES	ROUGE	VERT		BLEU

- figure 15 -

REMARQUE

Après réception de chaque information couleur le compteur d'adresse de COLORIX s'incrémente automatiquement de +1, ce qui permet d'envoyer seulement une information adresse suivie d'information-couleur quand on doit écrire des P.C. consécutifs sur l'écran, d'où un gain de temps.

VII - EXTENSION POSSIBLE DE COLORIX

Dans un premier temps une augmentation à 8 K de la taille mémoire de COLORIX sera très facilement réalisable.

COLORIX, tel qu'il est défini, offre la possibilité de visualiser directement les images calculées par ordinateur, mais il sera souhaitable de pouvoir intervenir sur le résultat obtenu. Ceci nous amène à envisager la réalisation de circuits complémentaires, permettant un dialogue entre COLORIX et l'ordinateur. Par cette liaison, il sera possible de modifier l'image résultante du calcul. Deux informations seront nécessaires :

- les coordonnées X et Y du point sur l'écran, celles-ci pourront être définies par l'application d'un *light pen* sur le tube cathodique (écran TV) ;
- les informations couleur.

Un codage sera fourni à partir d'un clavier de commande, une logique de commande sera chargée de transférer les informations vers l'ordinateur.

Une autre solution envisagée sera de fournir à l'ordinateur un oeil électronique. L'organe récepteur est une caméra de télévision.

On envisagera par la suite l'adjonction de microprocesseurs prenant en compte certaines tâches réalisées actuellement par le logiciel *(1)* ; COLORIX aura ainsi quelque chance de devenir un périphérique intelligent.

(1) Une initialisation de l'écran pourrait être faite très rapidement par une commande appropriée, etc.

VIII - PROGRAMMATION DE COLORIX

Plusieurs sous-programmes de base sont disponibles : ils facilitent la programmation de COLORIX.

Ces sous-programmes sont écrits en PL 1600 et en FORTRAN. Ils peuvent être appelés par tout programme FORTRAN qui au LINK ouvrira la bibliothèque contenant ces sous-programmes.

A - INITV (IR, IV, IB)

IR niveau du Rouge de 0 à 15

IV niveau du Vert de 0 à 15

IB niveau du Bleu de 0 à 15

Par un appel à ce sous-programme on initialisera tout l'écran à la couleur composée par les fondamentales Rouge, Vert et Bleu.

Exemple :

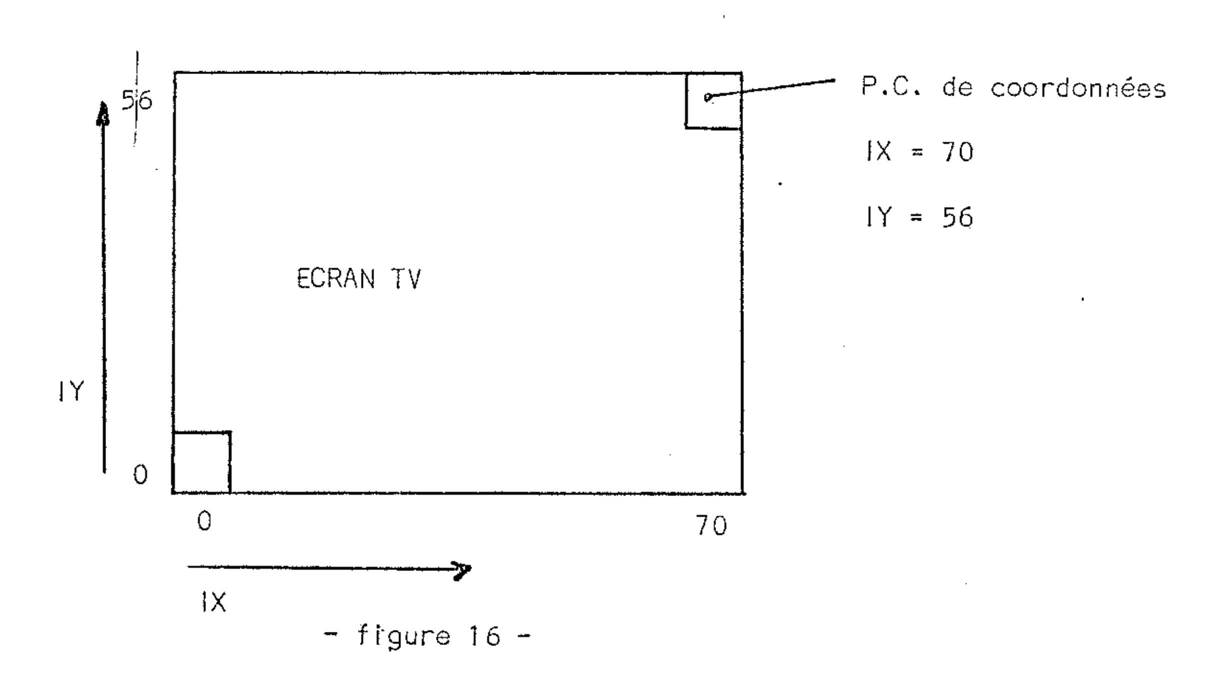
```
CALL INITV (0, 0, 0)      met l'écran au Noir
CALL INITV (6, 6, 8)      met l'écran à un Gris Bleuté
```

B - XYRVB (IX, IY, IR, IV, IB)

écrit sur l'écran de COLORIX un P.C.

- de coordonnées IX, IY

IX = 0, IY = 0 étant le coin inférieur gauche de l'écran



- figure 16 -

- de couleur IR, IV, IB.

Exemple :

CALL XYRVB (35, 28, 15, 15, 15)

écrit 1 P.C. Blanc au centre de l'écran

CALL XYRVB (70, 56, 15, 15, 0)

écrit un P.C. Jaune sur le coin supérieur droit de l'écran.

C - <u>XY (IX, IY)</u>

Initialise le compteur d'adresse de l'écran couleur aux coordonnées IX, IY.

D - <u>RVB (IR, IV, IB)</u>

Ecrit un P.C. sur l'écran à l'adresse précédemment définie, COLORIX incrémente ensuite automatiquement son compteur d'adresse interne.

Les deux sous-programmes XY et RVB peuvent être utilisés pour écrire des P.C. consécutifs : il suffit d'envoyer avec un CALL XY (IX, IY), l'adresse du premier P.C. à écrire et ensuite d'envoyer avec CALL RVB (IR, IV, IB) les P.C. consécutifs. On gagne ainsi un temps appréciable sur le dialogue COLORIX-ordinateur *(1)*.

<u>Exemple</u> :

```
        CALL XY (0, 20)      l'adresse est initialisée à la 21ème
                             ligne à partir du bas de l'écran et à
                             gauche
        DO 100  I = 1, 71
    100 CALL RVB (0, 15, 0)  la 21ème ligne est verte
```

(1) En effet, le sous-programme XYRVB peut se décomposer en deux appels à sous-programmes
1er appel : envoie de l'adresse CALL XY
2ème appel : envoie de la couleur CALL RVB.

E - XYCOLO (IX, IY, ICOUL)

XYCOLO assume la même fonction que XYRVB, mais ici la couleur n'est pas décomposée en ses trois fondamentales R, V et B. ICOUL est donc compris entre 0 et 4095.

F - IMPTV (ITAB)

Enfin il était utile de pouvoir obtenir un *dump* de l'image qui serait stockée dans un tableau ITAB (71, 57), et ceci peut être effectué par CALL IMPTV (ITAB) : on obtient sur l'imprimante le dump de l'image décomposée en R, V, B codés en hexadécimal (0 à F).

CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous ne pouvons finalement que constater avec joie que l'entreprise COLORIX commence, grâce à ses premiers utilisateurs à se justifier par quelques résultats.

Les recherches visuelles du Groupe Art et Informatique de Vincennes semblent d'ores et déjà en profiter, dans la mesure où certains problèmes liés à la perception temporelle des couleurs peuvent être explorées dans des conditions de confort jusque là inconnues.
Quelques axes de recherche se dégagent déjà, touchant aux stimulations colorées intermittentes, à l'adaptation visuelle, à l'habituation, à la perception de stimuli infraliminaires. Quelques objets plastiques nouveaux ont aussi vu le jour.

Certes, ses utilisateurs étant des artistes, COLORIX se trouve déjà utilisé pour d'autres fonctions que celles prévues par les projets initiaux et par les désiderata mêmes des plasticiens intéressés.

C'est peut être, pour prendre une analogie musicale, le lot de toute lutherie qui trouve sa réussite dans son propre inachèvement : son utilisation, faisant jaillir de nouvelles idées, suscite des problèmes nouveaux, justiciables de solutions à découvrir.

BIBLIOGRAPHIE

AUDOIRE L. & TANGUY R., *Projet COLORIX*, Rapport Technique, Département d'Informatique, Université de Paris 8, 1973.

AUDOIRE L. & TANGUY R., *COLORIX I*, Rapport Technique, Département d'Informatique, Université de Paris 8, 1974.

AUDOIRE L. & TANGUY R., *COLORIX II*, Rapport Technique, Département d'Informatique, Université de Paris 8, 1975.

CARRASCU R. & LAURET J., *Cours Fondamental de Télévision*, Edition Radio

HUITRIC H., *Une formalisation des couleurs*, Thèse de 3ème Cycle, Département d'Arts Plastiques, Université de Paris 8, 1976.

TANGUY R., *Conception et réalisation de périphériques (COLORIX)*, mémoire de maîtrise, Département d'Informatique, Université de Paris 8, octobre 1974.

CG 1000, C.I.T. ALCATEL, notice technique.

Note Technique de l'ORTF, SN 041E, Système de télévision à 625 lignes (système "L" de CCIR), caractéristiques du signal vidéo, septembre 1963.

Télévision couleur, notice R.TC.

ANNEXES

ANNEXE 1 : INITV

ANNEXE 2 : XYRVB

ANNEXE 3 : XY

ANNEXE 4 : RVB

ANNEXE 5 : IMPTV

```
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***
<<
<<          INITIALISE L'ECRAN
<<          A LA COULEUR FORMEE PAR ROUGE (R),VERT (V),BLEU (B) .
<<
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***

SEGMENT PROCEDURE INITV (R,V,B)
.LOCAL SECTION LI0029
     WORD INTUNI=('237);                                  << ADRESSE INTERFACE UNIVERSEL.
                                                          << '20F A VINCENNES
     INSTRUCTION     XIMRA (0,'2F40),                     << MASQUAGE DES INTERUPTIONS
                     SIO    (4,'0700);
     POINTER WORD R,V,B;                                  << L'@
.USING LOCAL=LI0029;
     RA:='FF; XIMRA;                                      << ON MASQUE TOUT.
     RA:=-1;                                              << ADRESSE 0.
     BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END;
     << ON RECOMPOSE L'INFORMATION COULEUR SUR 12 BITS .
     RA:=&R;        RA:=RA SLLS 4;
     RA:=RA OR &V; RA:=RA SLLS 4;                         << LE VERT
     RA:=RA OR &B;                                        << LE BLEU
     DO   DECR (RX:=4046) TIMES;
          BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END
     END;
     RA:=0; XIMRA                                         << ON DEMASQUE TOUT.
END.   << DE INITV .
```

```
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***
<<
<<      PROCEDURE   XYRVB   (X,Y,R,V,B)
<<
<<      ENVOIE SUR L'ECRAN COULEUR UN POINT .
<<          - DE COORDONNEES   (X,Y)
<<            X DE 0 A 70
<<            Y DE 0 A 56
<<            X=0,Y=0 ETANT LE COIN INFERIEUR GAUCHE .
<<          - DE COULEUR (R,V,B)
<<            R  ROUGE ENTRE 0,15
<<            V  VERT  ENTRE 0,15
<<            B  BLEU  ENTRE 0,15
<<      ATTENTION AUCUN CONTROL N'EST FAIT SUR LES VALEURS .
<<
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***

SEGMENT PROCEDURE XYRVB (X,Y,R,V,B)
.LOCAL SECTION LI0026
     WORD INTUNI=('237);                              << ADRESSE INTERFACE UNIVERSEL.
                                                      << '20F A VINCENNES
                                                      << '237 A L'I.E. PARIS
     INSTRUCTION     XIMRA (0,'2F40),                 << MASQUAGE DES INTERUPTIONS
                     SIO   (4,'0700);
     POINTER WORD X,Y,R,V,B;
      WORD AUX;
.USING LOCAL=LI0026;
     RA:='FF; XIMRA;                                  << ON MASQUE TOUT.
      AUX:=(56-&Y)*71+&X;                             << CALCUL DE L'ADRESSE
      RA:=AUX NEG;                                    << COMPLEMENT
     BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END;          << L'@
    <<
     << ON RECOMPOSE L'INFORMATION COULEUR SUR 12 BITS .
    <<
     RA:=&R;         RA:=RA SLLS 4;                   << LE ROUGE
     RA:=RA OR &V;RA:=RA SLLS 4;                      << LE VERT
     RA:=RA OR &B;                                    << LE BLEU
     BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END;          << LA COULEUR
     RA:=0; XIMRA                                     << ON DEMASQUE TOUT.
END.    <<  DE XYRVB  .
```

```
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***
<<
<<        PROCEDURE XY        (X,Y)
<<
<<        INITIALISE  LE COMPTEUR D'ADRESSE DE L'ECRAN COULEUR AUX
<<        COORDONNEES   (X,Y)
<<              X DE 0 A 70
<<              Y DE 0 A 56
<<              X=0,Y=0 ETANT LE COIN INFERIEUR GAUCHE .
<<        ATTENTION AUCUN CONTROL N'EST FAIT SUR LES VALEURS .
<<
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***

SEGMENT PROCEDURE XY (X,Y)
.LOCAL SECTION LI0027
     WORD INTUNI=('237);                                   << ADRESSE INTERFACE UNIVERSEL.
                                                           << '20F A VINCENNES
                                                           << '23/ A L'I.E. PARIS
     INSTRUCTION     XIMRA (0,'2F40),                      << MASQUAGE DES INTERUPTIONS
                     SIO    (4,'0700);
     POINTER WORD X,Y;                                     << ADRESSE POUR FORTRAN
      WORD AUX;
.USING LOCAL=LI0027;
     RA:='FF; XIMRA;                                       << ON MASQUE TOUT.
      AUX:=(56-&Y)*71+&X;                                  << CALCUL DE L'ADRESSE
      RA:=AUX NEG;                                         << COMPLEMENT
     BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END;               << L'0
     RA:=0; XIMRA                                          << ON DEMASQUE TOUT.
END.    << DE XY    .
```

```
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***
<<
<<        PROCEDURE RVB      (R,V,B)
<<
<<        ENVOIE SUR L'ECRAN COULEUR UN POINT .
<<            - DE COULEUR (R,V,B)
<<              R  ROUGE ENTRE 0,15
<<              V  VERT  ENTRE 0,15
<<              B  BLEU  ENTRE 0,15
<<            - ET INCREMENTE LE COMPTEUR D'ADRESSE DE L'ECRAN DE +1
<<        ATTENTION AUCUN CONTROL N'EST FAIT SUR LES VALEURS .
<<
<<**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE**STANDARD**PROCEDURE***

SEGMENT PROCEDURE RVB (R,V,B)
.LOCAL SECTION L10028
     WORD INTUNI=('237);                             << ADRESSE INTERFACE UNIVERSEL.
                                                     << '20F A VINCENNES
                                                     << '237 A L'I.E. PARIS
     INSTRUCTION   . XIMRA (0,'2F40),                << MASQUAGE DES INTERUPTIONS
                     SIO   (4,'0700);
     POINTER WORD R,V,B;                             << ADRESSE POUR FORTRAN
.USING LOCAL=L10028;
     RA:='FF; XIMRA;                                 << ON MASQUE TOUT.
     <<
     << ON RECOMPOSE L'INFORMATION COULEUR SUR 12 BITS .
     <<
     RA:=&R;       RA:=RA SLLS 4;                    << LE ROUGE
     RA:=RA OR &V;RA:=RA SLLS 4;                     << LE VERT
     RA:=RA OR &B;                                   << LE BLEU
     BEGIN SIO(INTUNI); CYCLE ON(CARRY) END;         << LA COULEUR
     RA:=0; XIMRA                                    << ON DEMASQUE TOUT.
END.    << DE RVB   .
```

```
C************************************************************************
C
C         CALL IMPTV (ITAB)
C         IMPRIME LE CONTENU D'UN TABLEAU ITAB(71,57)
C         REPRESENTANT UNE IMAGE TV
C         ITAB(1,1) ETANT LE COIN INFERIEUR GAUCHE
C         UTILISE LA SUBROUTINE    SHIFT
C
C************************************************************************
      SUBROUTINE IMPTV (ITAB)
      DIMENSION IBUF(142),ITAB(1)
      DATA IR,IV,IB/'R ','V ','B '/
      DO 200 IY=1,57
      PRINT 9000
9000  FORMAT(5X,'00.........',5X,'10.........',5X,'20.........',
     1        5X,'30.........',5X,'40.........',5X,'50.........',
     2        5X,'60.........',5X,'70')
      IYY=57-IY
      IND2=(IYY+1)*71
      IND1=IND2-70
      ENCODE (284,100,IBUF)(ITAB(I),I=IND1,IND2)
C         ON A DANS IBUF(IMPAIR) : OCTET GAUCHE=RIEN , OCTET DROIT=ROUGE
C         ON A DANS IBUF(  PAIR) : OCTET GAUCHE=VERT , OCTET DROIT=BLEU
100   FORMAT (71Z4)
C         DECALAGE DE IBUF(IMPAIR)
      CALL SHIFT (IBUF,1)
      ICAR=IR
      PRINT 600,IYY,ICAR,(IBUF(I),I=1 ,142,2)
      ICAR=IV
      PRINT 600,IYY,ICAR,(IBUF(I),I=2 ,142,2)
C         DECALAGE DE IBUF(PAIR)
      CALL SHIFT (IBUF,2)
      ICAR=IB
      PRINT 600,IYY,ICAR,(IBUF(I),I=2 ,142,2)
600   FORMAT(1X,I2,1X,A1,1X,10A1,6(6X,10A1),6X,A1)
200   CONTINUE
      RETURN
      END
C
C************************************************************************
C
C         EST APPELEE PAR    IMPTV
C
C************************************************************************
      SUBROUTINE SHIFT (ITAB,ID)
      DIMENSION ITAB(1)
      DO 500 I=ID,142,2
      II=ITAB(I)
C         DECALAGE DE 8 POSITIONS VERS LA GAUCHE
      ITAB(I)=ISHFT(II,8)
500   CONTINUE
      RETURN
      END
```